DOI:10.6660/TESFE.1991004 台灣昆蟲Formosan Entomol. 11: 25-38 (1991) 研究報告 Research report

Formosan Entomologist
Journal Homepage: entsocjournal.yabee.com.tw

【Research report】

柑橘木蝨之生物防治II. 亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂對柑橘木蝨之防治效果評估【研究報告】

錢景秦、朱耀沂、古琇芷

*通訊作者E-mail :

Received: Accepted: Available online: 1991/03/01

Abstract

摘要

本試驗於1987年10月至1990年6月在臺中、彰化、高雄及屏東等地，共選定1處月橘(Murraya paniculata Linnaeus)盆栽、7處月橘綠籬及2處甜橙園(Citrussinensis Osbeck)，評估比較引進之亮腹釉小蜂(Tamarixia radiata (Waterston))與本地種紅腹跳小蜂 (Diaphorencyrtus diaphorinae (Lin & Tao)) 在不同寄主植物與棲所環境下對柑橘木蝨 (Diaphorina citri Kuwayama) 之防治效果。結果發現亮腹釉小蜂在較穩定之月橘棲所，可抑制柑橘木蝨族群呈低密度消長。紅腹跳小蜂對月橘棲所變動之適應力雖較強，但其被重複寄生率高達25.5-51.1%，且該蜂在中部地區2至5月發生少，因此對柑橘木蝨族群之抑制僅具部分效果。亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂在中部地區之發生盛期各異，當月橘棲所穩定時，在2-4月間對柑橘木蝨之總寄生率達80-100%，其餘月份介於32-80%之間。目前亮腹釉小蜂之重複寄生率為5.6%。甜橙園內施藥防治柑橘木蝨效果顯著，但亦使柑橘木蝨之被寄生率降至0-4.2%。不施藥甜橙園內寄生蜂對柑橘木蝨之寄生率雖可達15.5-4.6.7%，但每一根長10cm之帶芽枝條上仍有0.1-.0.4隻柑橘木蝨成蟲。

Key words:

關鍵詞: 柑橘木蝨、亮腹釉小蜂、紅腹跳小蜂、生物防治、甜橙、月橘、重複寄生蜂、種間競爭。

Full Text: PDF(2.19 MB)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: http://entsocjournal.yabee.com.tw

中華昆蟲 11(1)：25－38(1991)
Chinese J. Entomol. 11(1)：25－38(1991)

柑橘木蝨之生物防治

II・亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂對柑橘木蝨之防治效果評估

錢景秦 臺灣省農業試驗所應用動物系 臺中縣霧峯鄉中正路 189 號
朱耀沂 國立臺灣大學植物病蟲害學系 臺北市羅斯福路四段 1 號
古琇芷 臺灣省農業試驗所應用動物系 臺中縣霧峯鄉中正路 189 號

摘 要

本試驗於 1987 年 10 月至 1990 年 6 月在臺中、彰化、高雄及屏東等地，共選定 1 處月橘（*Murraya paniculata* Linnaeus）盆栽、7 處月橘綠籬及 2 處甜橙園（*Citrus sinensis* Osbeck)，評估比較引進之亮腹釉小蜂（*Tamarixia radiata* (Waterston)）與本地種紅腹跳小蜂（*Diaphorencyrtus diaphorinae* (Lin & Tao)）在不同寄主植物與棲所環境下對柑橘木蝨（*Diaphorina citri* Kuwayama）之防治效果。結果發現亮腹釉小蜂在較穩定之月橘棲所，可抑制柑橘木蝨族群呈低密度消長。紅腹跳小蜂對月橘棲所變動之適應力雖較強，但其被重複寄生率高達 25.5－51.1%，且該蜂在中部地區 2 至 5 月發生少，因此對柑橘木蝨族群之抑制僅具部分效果。亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂在中部地區之發生盛期各異，當月橘棲所穩定時，在 2－4 月間對柑橘木蝨之總寄生率達 80－100%，其餘月份介於 32－80% 之間。目前亮腹釉小蜂之重複寄生率約為 5.6%。甜橙園內施藥防治柑橘木蝨效果顯著，但亦使柑橘木蝨之被寄生率降至 0－4.2%。不施藥甜橙園內寄生蜂對柑橘木蝨之寄生率雖可達 15.5－46.7%，但每一根長 10 cm 之帶芽或不帶芽枝條上仍有 0.1－0.4 隻柑橘木蝨成蟲。

關鍵詞：柑橘木蝨、亮腹釉小蜂、紅腹跳小蜂、生物防治、甜橙、月橘、重複寄生蜂、種間競爭。

Biological Control of Citrus Psyllid, *Diaphorina cirti* in Taiwan.

II. Evaluation of *Tamarixia radiata* and *Diaphoencyrtus diaphorinae* for the Control of *Diaphorina citri*

Ching-Chin Chien Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, 189 Chungcheng Road, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.
Yau-I Chu Department of Plant Pathology and Entomology, National Taiwan University, 1 Roosvelt Road, Sec. IV., Taipei, Taiwan, R.O.C.
Shiu-Chih Ku Department of Applied Zoology, Taiwan Agricultural Research Institute, 189 Chungcheng Road, Wufeng, Taichung, Taiwan, R.O.C.

ABSTRCT

The experiments were conducted to evaluate the efficiencies of *Tamarixia radiata* (Waterston) and *Diaphorencyrtus diaphorinae* (Lin & Tao) against *Diaphorina citri* Kuwayama. From October 1987 through June 1990, one site with pots of *Murraya paniculata* Linnaeus, seven sites of *M. paniculata* fencing, and two citrus orchards (*Citrus sinensis* Osbeck) in Taichung, Changhua, Kaohsiung and Pingtung were investigated during the experiments. The results showed that the introduced parasitoids *T. radiata* is capable of keeping *D. citri* at low density under relative stable habitats where *M. paniculata* was alternatively or occasionally pruned. The indigenous parasitoid *D. diaphorinae* has adapted to unstable environments, however it only provides partial control on the psyllid due to 25.5–51.1% of hyperparasitism throughout the island and the low density from February to April especially in central areas of Taiwan. In Taichung area, *T. radiata* predominated over *D. diaphorinae,* but the two wasps did not overlap in prevailing period, and their total percentage of parasitism were 80–100% from February to April and 32–80% for the rest of the year. At present, *T. radiata* has 5.6% hyperparasitism by the indigenous hyperparasitoids, and the percentage of hyperparasitism has been increasing gradually. The methomyl application in citrus orchard gave good psyllid control, however it also reduced parasitism to 0–4%. On the contrary, the parasitoids caused 15.5–46.7% parasitism in the untreated citrus orchard with about 0.1–0.4 adult psyllids per 10 cm length branch.

Key words: *Diaphorina citri, Tamarixia radiata, Diaphorencyrtus diaphorinae,* biological control, *Citrus sinensis, Murraya paniculata,* hyperparasitoids, interspecific competition.

緒　　論

柑橘木蝨 (*Diaphorina citri* Kuwayama)(以下簡稱木蝨) 爲柑橘立枯病之病媒昆蟲，法屬留尼旺島 (Reunion Is.) 曾利用亮腹釉小蜂 (*Tamarixia radiata* (Waterston) 防治木蝨，成效卓著 (Aubert and Quilici，1984)。臺灣省農業試驗所爲減少該木蝨之傳病機會，於 1983 至 1986 年自留尼旺島引進 4 批共 62 隻亮腹釉小蜂 (19 雄，43 雌)，經室內檢疫增殖後，於 1984 年 5 月至 1988 年 6 月共繁殖 21,164 隻，分別在臺灣省農業試驗所農場種植之甜橙 (*Citrus sinensis* Osbeck) 以及臺灣省 13 縣市共 39 處之月橘 (*Murraya* paniculata Linnaeus) 綠籬上釋放。至 1987 年 11 月證實亮腹釉小蜂已在臺灣全島立足 (錢等，1988；Chien *et al.*，1989)。爲進一步瞭解亮腹釉小蜂立足後對木蝨之防治效果、該蜂與本地種紅腹跳小蜂 (*Diaphorencyrtus diaphorinae* (Lin & Tao)) (林等，1973) 之種間競爭及其受本地種重複寄生蜂 (hyperparasitoid) 之影響等，而進行本試驗。

材料與方法

寄生蜂對木蝨之防治效果

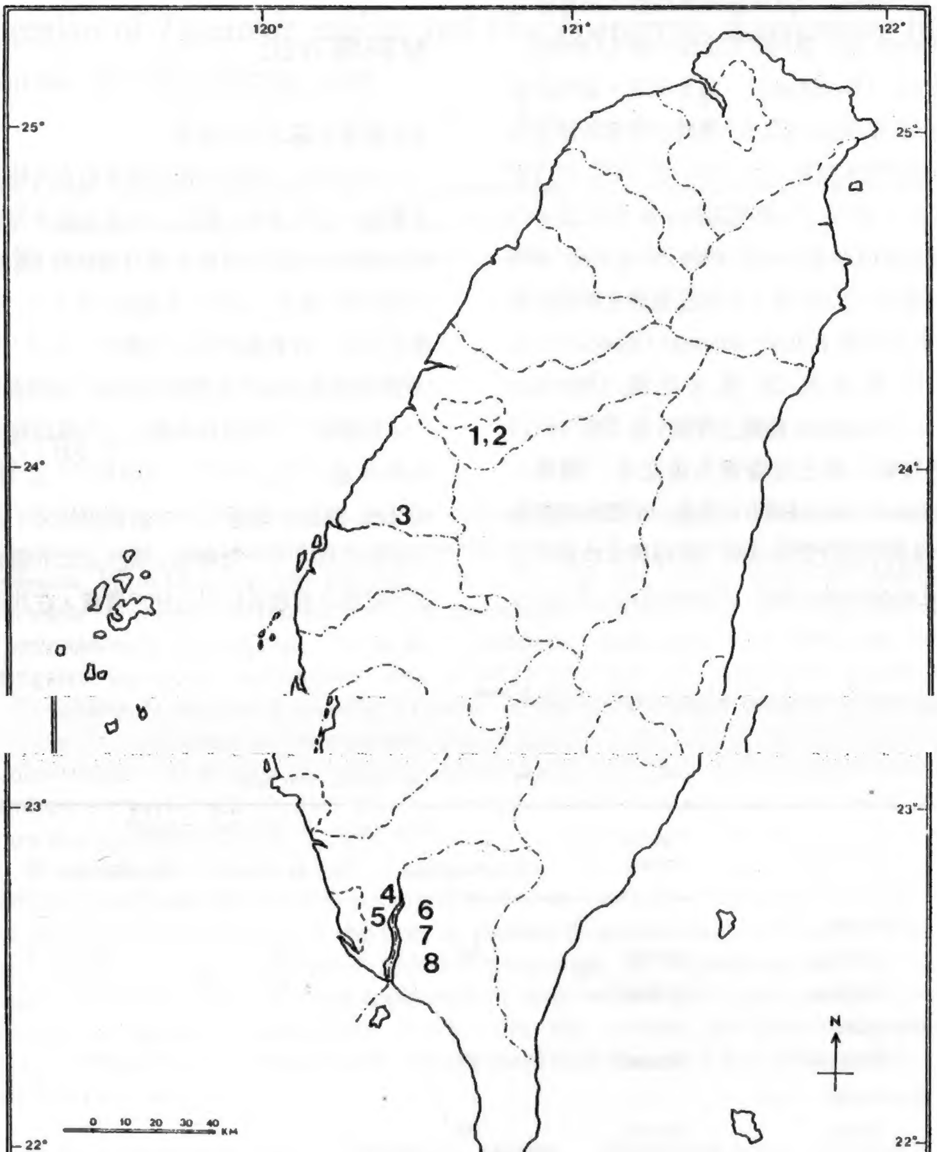
爲調查寄主植物與棲所環境對寄生蜂防治木蝨之影響，乃於臺中、彰化、高雄及屏東等地之亮腹釉小蜂原釋放區，選定 1 處月橘盆栽 (霧峰)、7 處月橘綠籬 (蘭生、田尾、澄清湖、佛光山、高雄區農業改良場、屏東農專舊址及潮州) 及 2 處甜橙園 (臺灣省農業試驗所萬豐農場果園) 爲調查地點 (圖一)。在霧峰之月橘盆栽與蘭生之月橘綠籬分屬鄉公所與 6 幢公寓住戶所有，前者約 80 盆 (每盆直徑 40 cm) 散放在路寬 12 m 之街道兩旁，盆與盆間之距離約爲 3 m，後者爲公寓前之公共園藝設施，2 地月橘之管理各由附近住戶負責，在此種情況下

表一　評估各地月橘上柑橘木蝨生物防治效果之取樣數。

Table 1. Samples obtained from various localities for evaluating the biological control of *Diaphorina citri* on *Murraya paniculata* (10 cm length branch with buds).

Localities	Planted mode	Date and no. of branches sampled		
		Oct'87－Feb'88	Mar'88－Jan'89	Feb'89－July'90
Taichung				
Wufeng	potted[1]	60	100	150
Lansheng	fenced	－	50	100
Changhua				
Tienwei	fenced	50	50	100
Kaohsiung				
Tashu	fenced	100	100	100
Chenchinghu		100	100	100
Pingtung				
KDAIS	fenced	100	100	100
NPIA		100	100	100
Chaochou		50	50	50

KDAIS: Kaohsiung District Agricultural Improvement Station, Pingtung. NPIA: National Ping-Tung Institute of Agriculture, Pingtung. 1: 2 branches／pot.



圖一 臺灣地區進行柑橘木蝨生物防治效果評估之各調查地點位置圖。

Fig. 1. Localities of evaluating the biological control of *Diaphorina citri* in Taiwan. 1. Wufeng, 2. Lans 4. Tashu, 5. Chenchinghu, 6. KDAIS: Kaohsiung District Agricultural Improvement Station, Pingtı National Ping-Tung Institute of Agriculture, 8. Chaochou.

月橘甚少修剪，偶而住戶修剪自己家門口處之月橘外，亦未撒佈任何殺蟲藥劑。澄清湖與屏東農專舊址 2 處月橘綠籬之管理亦屬不太修剪型，但若修剪時，即做全面性之修剪方式。大樹、高雄區農業改良場、田尾及潮州 4 處月橘綠籬之管理方式屬每年修剪 3－4 次，每次均為全面性修剪方式。在田尾，當木蝨密度升高時甚至施用殺蟲劑。臺灣省農業試驗所萬豐農場 2 處甜橙園 (A 與 B) 中，A 園為施藥處理園，當其他柑橘害蟲發生多時，施用 90% 納乃得 (Methomyl) 可濕性粉劑 3,000 倍之稀釋液。B 園為原屬線蟲試驗區但閒置 2 年之果園，經除草、施肥、補植缺株後，闢為不施用藥劑之對照園。

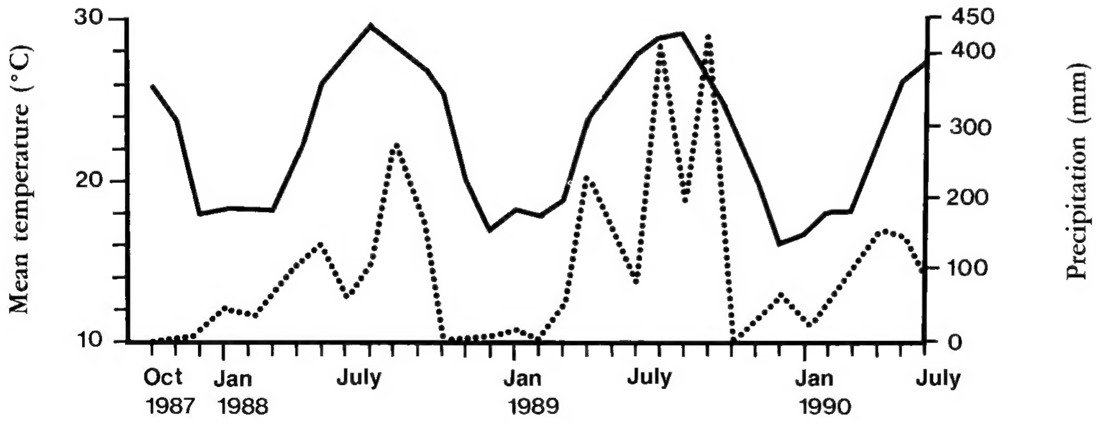
調查方法為在各處月橘上逢機採樣 50－150 枝、長 10 cm 之帶芽枝條 (表一)；甜橙園內則逢機選 20 株，再從每株採樣 10 枝、長 10 cm 之枝條；繼以目視法計數其上之木蝨成蟲與內含尚未羽化寄生蜂之木蝨乾屍。至於寄生蜂種類則由木蝨乾屍外形識別 (錢等，1988)。在臺中地區 (霧峰與蘭生之月橘、農業試驗所萬豐農場兩果園) 另記錄木蝨之第四與第五齡若蟲數，以估算寄生蜂對木蝨之寄生率。由預備試驗得知，亮腹釉小蜂偏好寄生木蝨第五齡若蟲，且被寄生木蝨形成乾屍所需之時間視溫度而定，如溫度高於 25°C 時，需時少於 5 天；溫度在 23－24°C 時，需時 6－7 天；溫度在 17－21°C 時，則需時 11－14 天。紅腹跳小蜂雖偏好寄生木蝨第二至第四齡若蟲，但木蝨乾屍形成之齡期為第五齡若蟲，且第五齡若蟲至乾屍形成所需之時間與亮腹釉小蜂略同。因此兩種寄生蜂對木蝨之寄生率依調查期間之日平均溫度條件以如下之三種公式計算。1. 溫度高於 25°C 時，寄生率為〝木蝨乾屍數／一週前木蝨第四＋第五齡若蟲數〞；2. 溫度在 23－24°C 時，寄生率為〝木蝨乾屍數／一週前木蝨第五齡若蟲數〞；3. 溫度在 17－21°C 時，寄生率為〝木蝨乾屍數／二週前木蝨第五齡若蟲數〞。調查期間之氣象資料見圖二。調查間隔期間，臺中地區為每週 1 次，彰化地區每 2 週 1 次，高雄與屏東地區則每 4 週 1 次。

亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂之種間競爭

利用前述 8 處月橘調查地點所記錄之被亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂寄生而寄生蜂尚未羽化之木蝨乾屍數，或藉由兩種寄生蜂對木蝨之寄生率，判定此兩種寄生蜂間之發生消長與競爭現象。

重複寄生蜂對木蝨寄生蜂之影響

定期 (如前項試驗) 在各調查地點採集被亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂寄生之木蝨乾屍攜回室內，待



圖二　1987 年 10 月至 1990 年 6 月臺中霧峰地區之氣象資料。

Fig. 2. Climatic conditions at Wufeng, Taichung from October, 1987 to June, 1990.——: Temperature, ...: Precipitation.

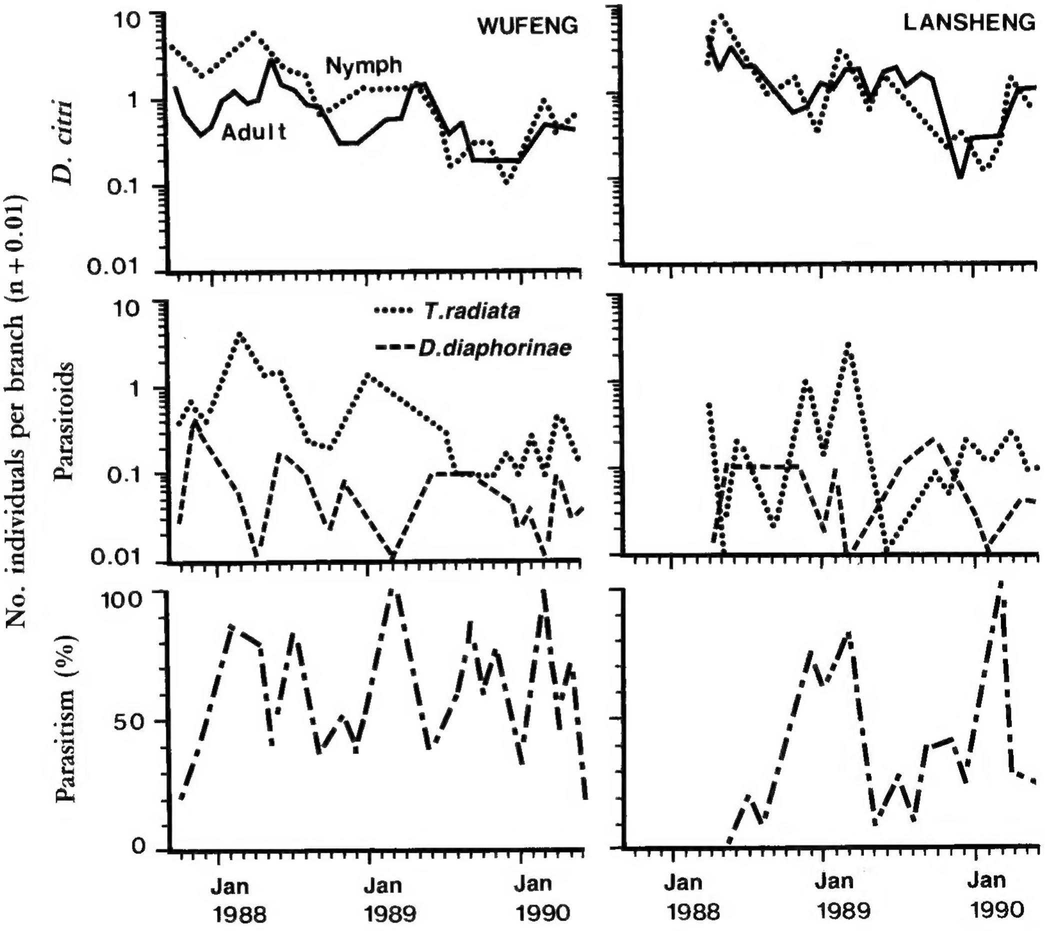
蜂羽化後，分別記錄兩蜂之重複寄生蜂種類與其重複寄生率。

試驗結果

寄生蜂對木蝨之防治效果

月橘上木蝨之防治　自 1987 年 10 月至 1990 年 6 月在 1 處月橘盆栽與 7 處月橘綠籬上之調查結果，得知木蝨在每長 10 cm 月橘枝條上之平均密度，除澄清湖維持不變外，其它各地均下降 (圖三、四、五)。若比較木蝨成蟲數與被寄生之木蝨乾屍數及各地月橘栽培管理方法，則發現寄生蜂對木蝨之防治效果可歸納下列幾型。

1. 棲所較穩定而亮腹釉小蜂寄生效果顯著者。由圖三得知霧峰之月橘盆栽與蘭生之月橘綠籬在鮮有人爲干擾棲所較穩定情況下，寄生蜂對木蝨能發揮較高之抑制力。如亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂對木蝨若蟲之總寄生率在 2－4 月間可高達 80－100%，其它月份亦多在 32－80% 之間，其中亮腹釉小蜂之寄生率較高，約佔總寄生率之 94.6%。顯示早春時，亮腹釉小蜂與木蝨之間發生同律性 (synchronism)，因而顯著地壓抑木蝨族群以後之



圖三　臺中地區月橘棲所穩定時寄生蜂對柑橘木蝨之防治效果。

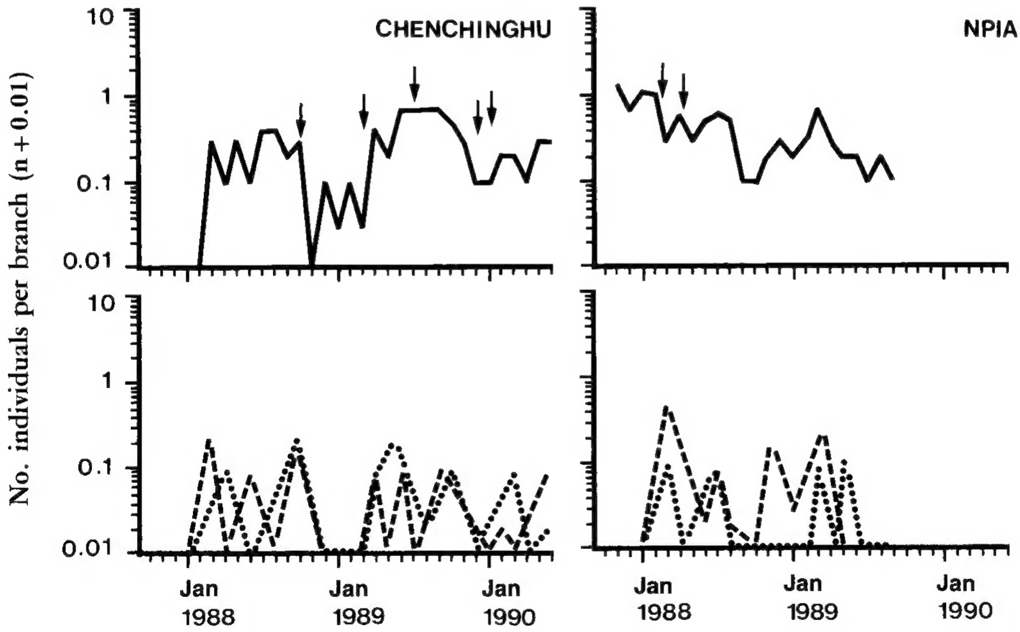
Fig. 3. Suppression of *Diaphorina citri* by *Tamarixia radiata and Diaphorencyrtus diaphorinae* in a stable habitat of *Murraya paniculata* in Taichung area.

增長，致使木蝨成蟲密度呈現穩定下降趨勢。

2. 棲所中度穩定而寄生蜂發揮適度效果者。由圖四得知澄清湖與屏東農專舊址之月橘綠籬在不常修剪，棲所中度穩定情況下，2 年多來木蝨成蟲及被亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂寄生之木蝨乾屍密度在長 10 cm 枝條上均維持在 0.02－0.7 隻及 0－0.2 個與 0－0.3 個之間。此結果顯示亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂之發生期與發生量無明顯差異，同時亦顯示月橘綠籬若無經常性修剪，則不會刺激月橘大量萌芽以誘使木蝨聚集產卵，此時木蝨族群在兩種寄生蜂之抑制下呈低密度穩定消長。其中屏東農專舊址之調查地點因該校遷址，月橘綠籬乏人照料，被牛皮凍 (又名雞屎籐，*Paederia scandens* (Lour.) Merr.) 覆蓋，乃於 1989 年 9 月結束調查。

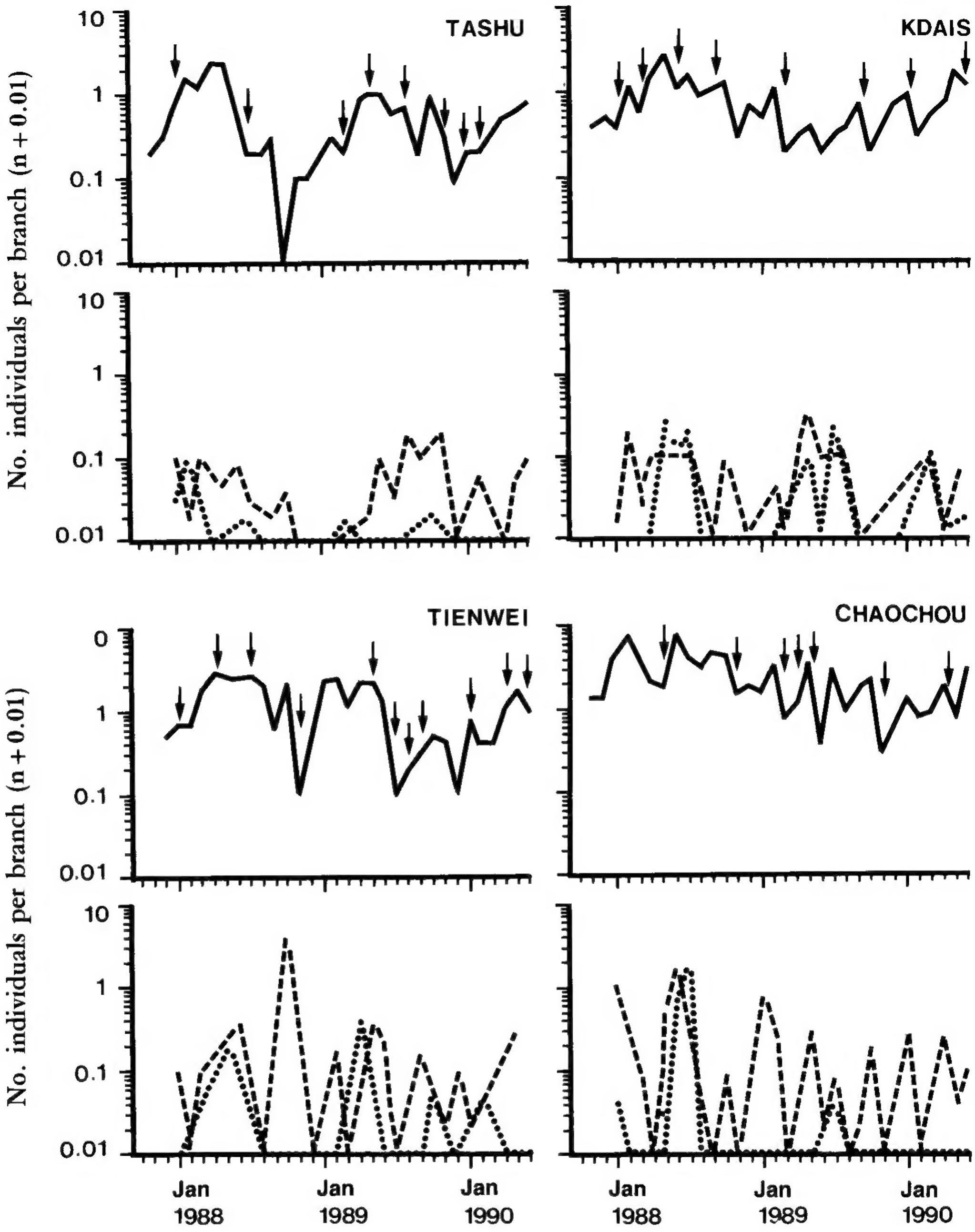
3. 棲所穩定性較弱而修剪或施用殺蟲劑影響寄生蜂效果者。由圖五得知大樹、高雄區農業改良場、田尾及潮州等處之月橘綠籬在經常性修剪甚至施用藥劑情況下，木蝨與寄生蜂之發生均受影響，而以後者爲甚，以致寄生蜂之發生密度顯較木蝨密度爲低。此時寄生蜂因僅能抑制部份木蝨若蟲，且由於經常性之修剪月橘刺激其萌芽，誘使木蝨產卵，終致木蝨成蟲密度增高呈現較大波動。

甜橙上木蝨之防治　自 1988 年 8 月至 1990 年 6 月之調查結果，發現 A 園在施藥後，木蝨成蟲密度降至零；然未施藥時木蝨成蟲仍侵入在萌芽期之柑橘園，此時木蝨成蟲在每長 10 cm 枝條上之平均密度達 0.001 隻或 0.06 隻，第四與第五齡木蝨若蟲數亦達 0.2 隻，但 9 、10 月間木蝨之被寄生率僅各爲 0.4 與 4.2%，顯見寄生蜂在施藥與木蝨密度低之情況下，未能發揮其寄生力。 B 園由於長期未施藥，且鄰近立枯病病區 (100 m)，試驗期間園內甜橙相繼罹患立枯病，其病葉與不定



圖四　月橘棲所中度穩定時寄生蜂對柑橘木蝨之防治效果。

Fig. 4. Suppression of *Diaphorina citri* by *Tamarixia radiata* and *Diaphorencyrtus diaphorinae* in a comparative stable habitat of *Murraya paniculata* in Taiwan. NPIA:National Ping－Tung Institute of Agriculture, —— : *D. citri*, ... : *T. radiata*, − − − : *D. diaphorinae*, ↓ : Pruning.



圖五　月橘棲所穩定性弱時寄生蜂對柑橘木蝨之防治效果。

Fig. 5. Suppression of *Diaphorina citri* by *Tamarixia radiata* and *Diaphorencyrtus diaphorinae* on unstable habitat of *Murraya paniculata* in Taiwan. KDAIS: Kaohsiung District Agricultural Improvement Station, Pingtung, —— : *D. citri*, ... : *T. radiata*, – – – : *D. diaphorinae*, ↓ : Pruning.

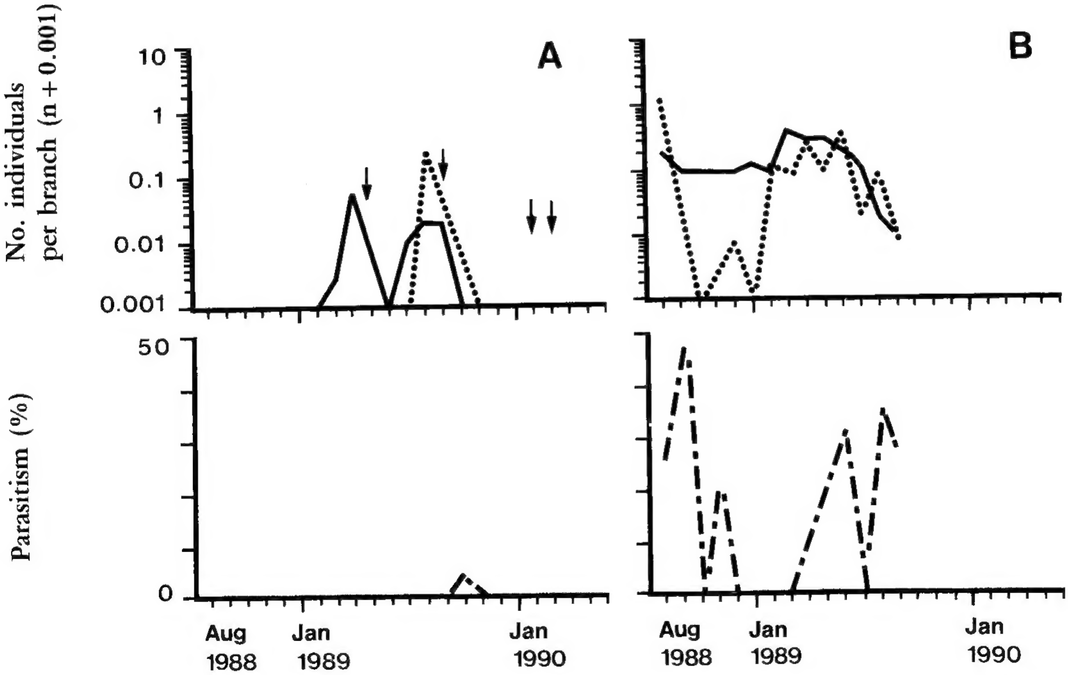
期萌出之新芽均誘使木蝨成蟲聚集產卵，以致 4 至 11 月間寄生蜂之寄生率雖達 15.5－46.7%，但每長 10 cm 枝條上之木蝨成蟲與第四、第五齡若蟲數仍各在 0.1－0.4 與 0.1－1.3 隻之間，同時試驗用甜橙樹相繼枯死，至 1989 年 10 月乃結束調查 (圖六)。

亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂之種間競爭

亮腹釉小蜂在臺中地區之月橘上為優勢種，其對木蝨之寄生率佔總寄生率之 94.6%。但由於兩種寄生蜂之發生時期不一致，因此，亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂之競爭不明顯。如亮腹釉小蜂之發生較早，其盛期在 2 至 4 月間，而紅腹跳小蜂，以 6 至 12 月間發生較多。因而當兩種寄生蜂在 6 至 12 月間同時發生時，木蝨之被寄生率仍達 32－80% (圖三)。南部地區紅腹跳小蜂之季節消長雖不若中部地區明顯，然經調查結果顯示，除在潮州因受月橘修剪影響，亮腹釉小蜂之發生密度較紅腹跳小蜂少外，其餘各地兩種寄生蜂之發生密度略呈均勢 (圖四、五)。

重複寄生蜂對木蝨寄生蜂之影響

自 1985 年 5 月至 1990 年 6 月至全省各地進行採集，共得被紅腹跳小蜂與亮腹釉小蜂寄生之木蝨乾屍各 20,749 與 16,646 個，結果發現重複寄生蜂對前者之影響較對後者為大。重複寄生蜂對紅腹跳小蜂之重複寄生率隨月份有所消長，然一般維持在 20－70% 之間，且其在各調查年度間除 1989 年因受棲所干擾外尚屬穩定，如 1986 年 1 月至 1989 年 12 月四年內每年之重複寄生率各為 38.2% (n=5,172)、38.8% (n=5,756)、51.1% (n=3,692) 及 25.5% (n=3,139) (圖七)。紅腹跳小蜂之重複寄生蜂種類多達 11 種，其中以金小蜂 *Pachyneuron concolor* Foerster 、橫盾小蜂



圖六　臺中萬豐管理與不管理甜橙園內寄生蜂對柑橘木蝨之防治效果。

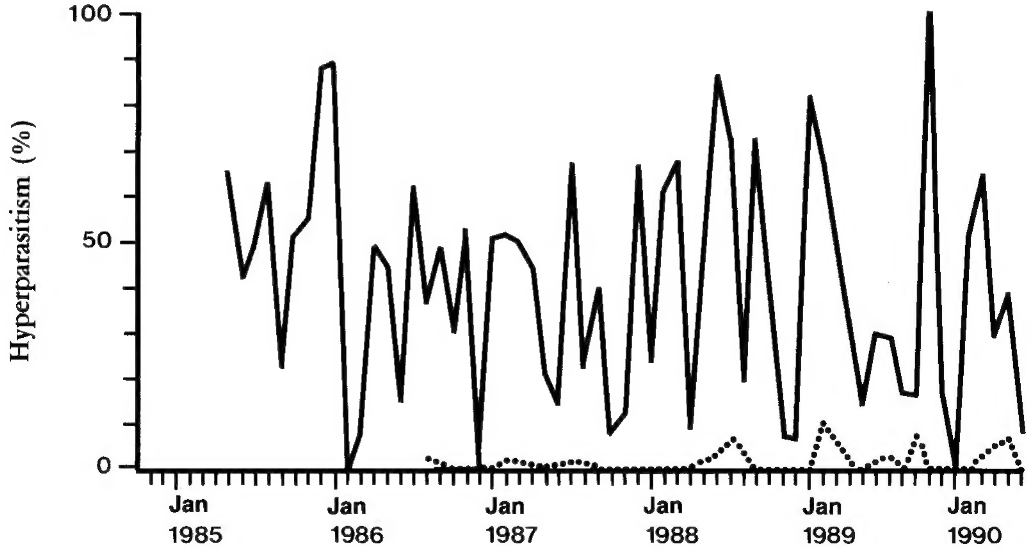
Fig. 6. Suppression of *Diaphorina citri* by parasitoids in the treated and untreated *Citrus sinensis* orchards at Wanfeng, Wufeng, Taichung, Taiwan Agricultural Research Institute. A: Insecticide treated，B:Untreated，— Adult of psyllid, ... : Nymph of psyllid，— — —: Parasitoids，↓: Spray.

Chartocerus walkeri Hayat、臺灣蚜虻跳小蜂 *Syrphophagus taiwanus* Hayat & Lin 及矮蜂 *Marietta leopardina* Motschulsky 較常見 (表二)。至於重複寄生蜂對亮腹釉小蜂之寄生情形，自 1986 年 9 月至 1990 年 6 月每年之重複寄生率各爲 1.1% (n=1,396)、1.3% (n=7,982)、3.8% (n=5,387)、3.7% (n=1,629) 及 5.6% (n=252)，隨調查年度而漸增，顯示亮腹釉小蜂在臺灣立足後，已逐漸受到本地種重複寄生蜂之寄生 (圖七)。亮腹釉小蜂之重複寄生蜂種類已知有 7 種，其中以矮蜂 *M. leopardina*、金小蜂 *P. concolor* 及矮蜂 *Encarsia sp. near shafeei* 較常見 (表 二)。

討論與結論

寄生蜂對木蝨之防治效果

1987 年 10 月至 1990 年 6 月間評估兩種寄生蜂對棲息在月橘與甜橙上木蝨之防治效果，結果得知亮腹釉小蜂對不穩定性棲所之適應力較本地種紅腹跳小蜂弱。亮腹釉小蜂僅在霧峰、蘭生、澄淸湖及屏東農專舊址等處月橘盆栽或綠籬輪流修剪或不常修剪，而棲所較穩定之環境下對木蝨族群之增長才能發揮較大之抑制力 (圖三、四)。紅腹跳小蜂雖普遍分佈於臺灣各地，但 1986 年 1 月至 1989 年 12 月四整年中其被重複生率介於 25.5−51.1% (圖七)，且該跳小蜂在臺灣中部地區 2−5 月間發生少，使得紅腹跳小蜂對月橘上木蝨族群僅產生有限的抑制效果 (圖三)。又在月橘綠籬上每隔 3−4 個月一次之全面性修剪，將影響棲息於其上之木蝨若蟲與寄生蜂，且後者所受之影響遠大於前者。因月橘全面性修剪後，木蝨成蟲雖無法產卵，但仍可棲息於月橘老葉下，在夏季或冬季各經 14−21 天或 60 天後月橘新芽萌發時，再繼續產卵增殖。但紅腹跳小蜂與亮腹釉小蜂，則必須再各等木蝨發育至第二齡或第五齡若蟲時，亦即在 25°C 下再各經 6 天或 12 天以後，才能找到適當之寄主寄生；同時紅腹跳小蜂與亮腹釉小蜂雌蜂壽命 ($\bar{X}\pm SE$) 在室內 25°C 定溫、無寄主存在情況下，不餵食者僅各爲



圖七 1985 年 5 月至 1990 年 6 月間重複寄生蜂對紅腹跳小蜂與亮腹釉小蜂重複寄生率之消長。

Fig. 7. Effect of hyperparasitoids on the population fluctuation of *Diaphorencyrtus diaphorinae* and *Tamarixia radiata* in Taiwan during May, 1985 to June, 1990. ....: *T. radiata*, ——: *D. diaphorinae*.

1.4±0.1 與 1.0±0.1 天，餵水者各爲 2.0±0.1 與 1.7±0.1 天，而每天餵食蜂蜜時，兩種寄生蜂壽命才可獲延長，各爲 60.7±0.7 與 22.5±0.8 天 (筆者等未發表資料)。因而木蝨與寄生蜂間壽命與產卵習性之差異，或爲棲所不穩定對寄生蜂之影響大於木蝨，及紅腹跳小蜂在寄主低密度發生或棲所不穩定時較亮腹釉小蜂易生存之原因之一。因此棲所之不穩定影響寄生蜂與木蝨間之同律性，易導致木蝨密度之大幅波動。至於田尾與潮州兩地之木蝨成蟲密度有逐年下降之趨勢，筆者等認爲係因月橘上 3 至 4 個月全面修剪一次之措施影響木蝨之卵與若蟲之密度所致。再者，比較蘭生與田尾地區之情形，前者在月橘甚少修剪之條件下，減少月橘新芽之萌出機會，隨之使木蝨減少產卵場所，加上寄生蜂之活動，使木蝨密度較快速地降低；而在後者，經常修剪月橘，雖可減少木蝨若、成蟲之密度，但由於促使月橘萌發新芽，增加木蝨產卵場所，且干擾寄生蜂之活動，縱使在試驗期間曾多次增補釋放亮腹釉小蜂，木蝨被寄生乾屍數仍偏低，致使該地區木蝨密度之降低速度較蘭生地區緩慢 (圖三、五)，由此亦知兩種寄生蜂對防治木蝨之有效性。另由施藥 (A) 與未施藥 (B) 2 處甜橙園之結果，顯示施藥處理有壓抑木蝨族群之效果 (圖六)。又因木蝨之發生高峰集中在柑橘新芽期，且黃等 (1990) 初步證實春芽係木蝨媒介柑橘立枯病傳病率最高之時期，因而一般柑橘園可藉由防治蚜蟲與潛葉蛾等爲害新芽之害蟲時，一併施藥防治木蝨。至於疏於管理或廢棄之柑橘園，寄生蜂對木蝨之寄生率僅達 15.5－46.7%，無法有效壓抑木蝨之密度，而果樹一經感染立枯病，仍難逃枯死之命運。

表二　紅腹跳小蜂與亮腹釉小蜂之重複寄生蜂及其重複寄生率。

Table 2. Hyperparasitoids and their percentage of hyperparasitism on *Diaphorencyrtus diaphorinae* and *Tamarixia radiata* from May 1985 to June 1990 in Taiwan.

Hyperparasitoids	Hyperparasitism (%)	
	D. diaphorinae (May 1985－June 1990)	*T. radiata* (Sept 1986－June 1990)
Pteromalidae		
Pachyneuron concolor	17.90	0.50
Signiphoridae		
Chartocerus walkeri	11.50	0.02
Aphelinidae		
Encarsia sp. near *shafeei*	0.80	0.20
Coccophagus ceroplastae	0.01	0.00
Coccophagus sp.	0.07	0.00
Marietta leopardina	4.60	1.30
Unidentified	0.01	0.05
Encyrtidae		
Syrphophagus taiwanus	5.70	0.05
Cheiloneurus sp.	0.01	0.00
Ageniaspis sp.	0.01	0.00
Eulophidae		
Tetrastichus sp.	0.01	0.01
Total	40.60 (N＝20,749)	2.30 (N＝16,6466)

亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂之種間競爭

引進天敵經立足後與本地種天敵間之競爭是生物防治成敗的要素之一。經室內試驗得知亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂間確有競爭現象，然前者藉其生殖力強、發育期短及對寄主齡期之偏好性，不論兩種寄生蜂同時產卵於同一木蝨若蟲上，或紅腹跳小蜂產卵在先，亮腹釉小蜂均取得優勢 (筆者等未發表資料)。至於田間試驗結果顯示，在臺中地區，兩種寄生蜂在月橘上之競爭並不明顯，主要係兩者之發生盛期有季節性分離 (seasonal seperation)，又兩者同時存在時，彼此對木蝨之抑制或許有競爭，但兩者之增效作用卻更明顯。如在霧峰與蘭生地區棲所穩定性較大之條件下，當 2－4 月間紅腹跳小蜂發生較少時，亮腹釉小蜂對木蝨若蟲之寄生率竟高達 80－99.7%，顯著壓抑正值激增期之木蝨族群，使其密度下降；而 6－12 月間，兩種寄生蜂對木蝨之總寄生率亦在 32－80% 之間，超過未引進亮腹釉小蜂之前紅腹跳小蜂單一種之寄生率 15－56.9% (圖三；錢等，1988；Chien *et al*.,1989)。在南部地區，紅腹跳小蜂之季節消長不若中部地區明顯，可終年發生，但其密度與亮腹釉小蜂密度間仍略呈均勢 (圖四、五)。顯示亮腹釉小蜂引進本省後，目前與本地種紅腹跳小蜂間之競爭不但不明顯，且可增加寄生蜂對木蝨之抑制效果。

臺灣地區亮腹釉小蜂來源之推論

亮腹釉小蜂早期記錄於巴基斯坦 (Waterston, 1922) 與印度 (Husain and Nath, 1924)，但近年該蜂相繼被發現於廣西省與福建省 (Tang, 1988)、沙烏地阿拉伯 (Aubert, 1984)、尼泊爾 (Lama *et al.,* 1988)、印尼 (Nurhadi, 1988) 及泰國 (Aubert, 1989) 等地。Tang (1989) 乃依據其地理分佈認爲亮腹釉小蜂爲臺灣之本地種，但該氏後來又記述亮腹釉小蜂在臺灣爲一引進種 (Tang, 1990)。錢等 (1988) 曾就文獻、田間採集記錄及該寄生蜂之習性等認爲臺灣地區亮腹釉小蜂爲引進種之可能性甚大。今擬從其重複寄生蜂之觀點對此問題重加探討。由於在自然界寄主、寄生蜂及其重複寄生蜂三者之間在適應策略上應有長期之共同演化；因此在環境沒有重大變化時，彼此間之關係應較爲穩定，同時寄生蜂受到重複寄生現象亦甚爲普遍。據 Husain and Nath (1924) 報導，在印度亮腹釉小蜂即有多種重複寄生蜂，且其被重複寄生率高；Tang (1990) 亦報導 1988 年 8 至 12 月與 1989 年 4 至 12 月在福建調查被寄生之木蝨乾屍中，共得 10 種重複寄生蜂，其中寄生於亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂者各爲 5 與 10 種，重複寄生率各爲 25.1% (n=2,776) 與 29.5% (n=765)；此二例均顯示當寄生蜂爲本地種時，其重複寄生蜂不僅種類繁多且被重複寄生率亦高。在臺灣自 1985 年 5 月至 1990 年 6 月從月橘上採得被寄生之木蝨乾屍中，共得 11 種重複寄生蜂，其中寄生於亮腹釉小蜂與紅腹跳小蜂者各爲 7 與 11 種，重複寄生率各爲 2.3% (n=16,646) 與 40.6% (n=20,749) (表二)。就亮腹釉小蜂之重複寄生蜂種類數而言，福建與臺灣兩地間無甚大差異，均多達 5－7 種，且其中重要種類僅 1－2 種，其餘均爲偶而重複寄生種類；但就重複寄生蜂對亮腹釉小蜂之重複寄生率而言，福建與臺灣兩地卻有明顯差異。同時 1986 年 1 月至 1989 年 12 月臺灣地區紅腹跳小蜂之週年被重複寄生率四年來維持在 25.5－51.1% 之間 (圖七)，而亮腹釉小蜂在 1986 年調查初期時，其週年被重複寄生率低，僅 1.1%，1990 年爲 5.6%，呈現逐增之趨勢 (圖七)。因而筆者等認爲若亮腹釉小蜂爲臺灣本地種，則其受重複寄生蜂之寄生情形似應較多，且早已被定型，不會顯現如此之逐漸適應型。目前筆者等仍繼續追蹤本地種重複寄生蜂對亮腹釉小蜂寄生之發展，一方面爲確認該釉小蜂在臺灣生物防治之效果是否會因其被重複寄生率之提高而失效，另方面希冀與亞太地區各國正調查中之亮腹釉小蜂之重複寄生蜂種類及其重複寄生率相比照，將來或可藉由寄生蜂與重複寄生蜂之觀點推測亮腹釉小蜂在臺灣之來源。

誌謝

本文為第一作者將提出之國立臺灣大學植物病蟲害學研究所博士論文之一部分。試驗期間承行政院農業委員會補助部分經費〔77農建－4.1－糧－66 (1-4)、78 農建－7.1－糧－65(2)、79農建－7.1－糧－51I(5)，文成後承農業委員會陳秋男科長與臺灣大學張慧羽教授指正，謹此誌謝。

參考文獻

林秀貞、柯永發、陶家駒。1973。木蝨之生態觀察與其防除試驗。中國園藝 19(4): 234－242。

黃秋雄、廖春福、張春蕉、藍調。1990。柑橘立枯病之發生蔓延與木蝨族群消長關係之研究。植保會刊 32(3): 167－176.

錢景秦、邱瑞珍、古琇芷。1988。柑橘木蝨之生物防治 1. 亮腹釉小蜂 (*Tamarixia radiata*) 之引進繁殖與釋放試驗。中華農業研究 37(4): 430－439。

Aubert, B. 1984. The Asian and Africa citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, *Trioza erytreae* (Del. Grercio) (Homoptera: Psyllidae) in the south west of Saudi Arabia. Proposals for an integrated control program. Report to the FAO. 25pp. (Cited by Tang, Y. Q. 1990).

Aubert, B. 1989. Report on citriculture in Thailand Feb. 16th－23rd 1989. (Cited by Tang, Y. Q. 1990).

Aubert, B., and S. Quilici. 1984. Biological control of the African and Asian citrus psyllids (Homoptera: Psylloidea), through eulophid and encyrtid parasites (Hymenoptera: Chalcidoidea) in Reunion Island. *In* S. M. Garnsey, L. W. Timmer, and J. A. Dodds (eds.). Proc. 9th Conf. International Organization of Citrus Virologists (IOCV): 100－108. Riverside, CA.

Chien, C. C., S. C. Chiu, and S. C. Ku. 1989. Biological control of *Diaphorina citri* in Taiwan. Fruits 44(7－8): 401－407.

Husain, M. A., and L. D. Nath. 1924. The life history of *Tetrastichus radiatus* parasitic on *Euphalerus citri* Kuwayama and its hyperparasite. Rep. Proc. 5th Entomol. Meet.: 122－128. Pusa. (RAE(A) 12: 383).

Lama, T. K., C. Regmi, and B. Aubert. 1988. Distribution of the citrus greening disease vector (*Diaphorina citri* Kuw.) in Nepal and attempts to establish biological control. *In* L. W. Timmer, S. M. Garnsey, and C. Navarro (eds.). Proc. 10th Conf. IOCV: 255－257. Riverside, CA.

Nurhadi. 1988. Integrated approaches to formulate control measure against greening vector, *Diaphorina citri* Kuw. in Indonesia. *In* B. Aubert, C. Ke, and C. Gonzales (eds.). Proceedings of the 2nd FAO－UNDP regional workshop Lipa Philippines Asian／Pacific citrus greening: 47－49. Lipa.

Tang, Y. Q. 1988. A preliminary survey on the parasite complex of *Diaphorina citri* Kuwayama in Fujian. *In* B. Aubert, C. Ke, and C. Gonzales (eds.). Proceedings of the 2nd FAO－UNDP regional workshop Lipa Philippines Asian／Pacific citrus greening: 10－15. Lipa.

Tang, Y. Q. 1990. On the parasite complex of *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae) in Asian－Pacific and other areas. *In* B. Aubert, S. Tontyaporn, and